



Économie rurale

Agricultures, alimentations, territoires

334 | mars-avril 2013

334

Les fonctions distances pour évaluer la performance productive d'exploitations agricoles

The contribution of distance functions to evaluate the productive performance of farms

Stéphane Blancard, Jean-Philippe Boussemart, Juliette Flahaut et Henri-Bertrand Lefer



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/economierurale/3887>

DOI : 10.4000/economierurale.3887

ISSN : 2105-2581

Éditeur

Société Française d'Économie Rurale (SFER)

Édition imprimée

Date de publication : 15 mars 2013

Pagination : 7-22

ISSN : 0013-0559

Référence électronique

Stéphane Blancard, Jean-Philippe Boussemart, Juliette Flahaut et Henri-Bertrand Lefer, « Les fonctions distances pour évaluer la performance productive d'exploitations agricoles », *Économie rurale* [En ligne], 334 | mars-avril 2013, mis en ligne le 15 mars 2015, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/economierurale/3887> ; DOI : 10.4000/economierurale.3887

Les fonctions distances pour évaluer la performance productive d'exploitations agricoles

Stéphane BLANCARD • AgroSup Dijon, CESAER, Dijon

Jean-Philippe BOUSSEMART • Université Lille 3 et IESEG-School of Management, LEM, Lille

Juliette FLAHAUT • Université Lille 3 et IESEG-School of Management, Lille

Henri-Bertrand LEFER • Université du Littoral Côte d'Opale, TVES, Dunkerque

Cet article met en évidence les possibilités d'application opérationnelle des fonctions distances non paramétriques pour établir un diagnostic de performance des entreprises. Une étude sur un échantillon de 600 exploitations agricoles en moyenne, soit spécialisées (en grandes cultures ou en production animale) soit mixtes, observées dans le département de la Meuse, montre la cohérence d'une telle analyse avec les approches usuelles par les ratios techniques et économiques. Par ailleurs, les auteurs mettent en évidence la pertinence des informations complémentaires que cette méthode non paramétrique génère, notamment en permettant de dissocier les composantes techniques et d'échelle de la mesure de la performance globale.

MOTS-CLÉS : *agriculture, productivité globale des facteurs de production, fonction distance, DEA, technologie de production*

The contribution of distance functions to evaluate the productive performance of farms

This article highlights the possibilities of operational application of non parametric distance functions to establish a diagnosis of firms performance. An application on an average sample of 600 farms either specialized in field crop or livestock, or mixed in Meuse shows the coherence of our analysis with the usual technical and economic ratio approaches. In addition, we emphasize the relevance of additional information generated by dissociating the technical and scale components from overall performance measure. (JEL: D42, Q10, Q12, Q16).

KEYWORDS: *Agriculture, Total Factor Productivity, Distance Function, DEA, Production Technology*

L'appréciation de la performance est un objectif central pour toute entreprise, administration ou organisation. Cette mesure dépasse la simple étude des productivités partielles ou des ratios techniques et de gestion, et peut se référer au concept de fonction distance qui évalue l'écart existant entre la situation observée de l'entité évaluée et sa situation optimale située sur la frontière de production considérée ici comme une référence (ou *benchmark*) à atteindre. Plus précisément, à dotation de ressources factorielles donnée, il s'agit d'estimer le niveau maximal de production

que l'entité peut obtenir ou alternativement d'évaluer – à objectif d'output défini – les quantités minimales d'inputs qu'elle peut se limiter à utiliser.

Le calcul de cet écart ou de cette distance entre l'entité évaluée et sa fonction de production est donc une question essentielle dans toute analyse de la performance productive et différentes méthodes ont déjà été proposées et appliquées à de nombreux domaines ou types d'organisation (Fried *et al.*, 2008). Malheureusement pour la plupart, ces travaux d'intérêt académique sont encore trop peu souvent appropriés

par les praticiens de la gestion, même en complément des autres méthodes plus fréquemment utilisées (analyse des ratios techniques, économiques et financiers, scoring...). Au-delà d'une méconnaissance des outils basés sur les fonctions distances, leur faible utilisation dans les milieux professionnels peut s'expliquer par la difficulté de disposer d'un échantillon homogène comportant suffisamment d'exploitations ou par le peu d'enseignement apporté aux plus performantes, à la différence de l'analyse des ratios ou du scoring qui peuvent être réalisés sans pour autant disposer de données de groupe du fait de normes ou de références déjà bien établies. Pourtant, ces outils permettent de dépasser certaines limites inhérentes à ces approches purement comptables comme i) la difficulté d'interprétation lorsque plusieurs ratios dispensant la même information ne vont pas malgré cela dans la même direction ou encore ii) la difficulté de dissocier les effets d'échelle des effets de gestion technique dans la mesure de la productivité globale des facteurs.

Il existe néanmoins quelques papiers mesurant la performance d'entreprises et qui montrent explicitement les aspects opérationnels et complémentaires des fonctions distances par rapport aux approches comptables usuelles basées sur les ratios techniques, économiques ou financiers. Ces fonctions distances s'appuient entre autres sur la célèbre méthode non paramétrique d'enveloppement des données (*Data Envelopment Analysis* – DEA) développée initialement par Charnes *et al.* (1978) à partir des travaux pionniers de Farrell (1957) et étendue quelques années plus tard par Banker *et al.* (1984). Parmi ces papiers, nous pouvons citer, à titre d'exemple, Fernandez-Castro et Smith (1994) qui soulignent les nombreux problèmes posés si l'on évalue la performance productive par la simple utilisation des ratios comptables. Une autre analyse,

menée par Athanassopoulos et Ballantine (1995), compare différentes approches pour mesurer la performance économique dans le secteur britannique des commerces d'alimentation. Ils argumentent de manière convaincante que les analyses par les ratios sont en elles-mêmes insuffisantes pour mesurer correctement la performance productive et qu'elles doivent être complétées utilement par d'autres approches multidimensionnelles telles que la méthode DEA. Dans le secteur pétrolier, Feroz *et al.* (2003) démontrent que cette approche DEA donne une mesure fiable de l'efficacité productive ou opérationnelle des entreprises et améliore significativement les évaluations issues des ratios de gestion. Emel *et al.* (2003) appliquent la méthode DEA à 82 firmes du secteur manufacturier turc. Leurs diagnostics d'efficacité ont été largement validés par des analyses de régression avec les ratios financiers usuels et par les jugements à dire d'experts du monde bancaire. Pour le secteur agricole, à notre connaissance, très peu de papiers ont étudié le lien statistique entre les analyses par les ratios techniques, économiques et financiers souvent reprises dans les analyses de groupe des centres de gestion et les scores d'efficacité issues des fonctions distances. Boussemart et Dervaux (1994) ont déjà fait cet exercice pour une soixantaine d'élevages porcins de Charente. Ils ont conclu sur l'apport opérationnel de la méthode DEA qui permet de distinguer ce qui relève de la gestion technique des intrants ou des effets d'échelle dans l'explication de l'inefficacité productive. Enfin, Featherstone *et al.* (1997) ont aussi montré les fortes corrélations entre les indicateurs de profitabilité des élevages bovins du Kansas avec les scores d'efficacité productive calculés à partir d'estimation de frontières de production non paramétriques.

Ce papier apparaît alors comme une contribution au peu de littérature dans le domaine agricole. Son objectif est de

démontrer comment les fonctions distances non paramétriques permettent de dresser un diagnostic opérationnel de la performance des entreprises et en quoi elles complètent ou affinent les résultats issus des analyses plus traditionnelles en termes de ratios comptables. S'appuyant sur la programmation linéaire permettant une interprétation plus intuitive pour les professionnels que l'économétrie, cette approche établit une mesure de l'efficacité productive et de taille optimale pour chacune des entreprises étudiées. Parmi ses principaux avantages, il est important de souligner qu'elle n'exige pas de définir précisément une forme fonctionnelle entre les *outputs* et les *inputs*, qu'elle s'intéresse aux observations individuelles plutôt qu'aux moyennes d'un échantillon, qu'elle produit une mesure synthétique pour chaque unité de décision, qu'elle chiffre les économies réalisables sur chacune des ressources et le gain d'activité possible. Enfin, sur ces potentiels de gains de production ou de réduction de dépenses, elle distingue ce qui relève d'une part de l'inefficacité dans la gestion technique et d'autre part, de la mauvaise échelle d'activité.

À partir d'une application sur un échantillon de 600 exploitations agricoles observées entre 1992 et 2003¹ soit spécialisées en grandes cultures (blé, orge, colza...) ou en production animale (lait, bovin-viande), soit mixtes et situées dans le département de la Meuse, notre étude compare la cohérence du diagnostic de cette approche avec

la pratique des analyses des conseillers de gestion. Plus qu'une simple comparaison, nous tentons aussi de révéler la pertinence des informations complémentaires qu'une telle approche est capable de générer par rapport aux évaluations basées sur les ratios techniques, économiques et financiers.

Pour qu'il puisse être facilement approprié par les conseillers de gestion, notre papier se veut le plus pédagogique possible. Ainsi, dans une première partie, seront repris en détail les concepts d'efficacité à partir des fonctions distances. La deuxième partie expose les résultats obtenus grâce à cette méthode sur un panel d'exploitations agricoles en utilisant les données techniques et économiques. Elle confronte les diagnostics d'efficacité aux critères retenus habituellement par les conseillers de gestion pour juger la performance d'une exploitation agricole.

La performance productive et sa mesure par les fonctions distances

1. L'inefficacité productive

De l'inefficacité technique à l'inefficacité d'échelle

La définition et la mesure de l'inefficacité technique sont étroitement associées à la notion de fonction de production qui décrit la frontière du techniquement possible ou le *benchmark* à atteindre pour l'entreprise évaluée. En déterminant le minimum des dépenses factorielles pour obtenir un niveau de production donné ou alternativement le maximum de production atteignable compte tenu d'un niveau de dépenses factorielles, il est alors possible d'estimer la distance qui sépare la situation initiale de l'entité et sa frontière de production construite à partir des pratiques les plus performantes et observées dans le groupe étudié. L'inefficacité ainsi mesurée

1. Notre étude n'ambitionne pas de discuter les résultats pour la Meuse sur cette période. Cela présenterait peu d'intérêt compte tenu des réformes successives de la PAC depuis 2003. Par exemple, le découplage des aides entré en vigueur en 2006 a modifié les objectifs de l'agriculteur qui ne sont plus seulement la production mais également le respect de directives et de bonnes pratiques agricoles et environnementales. Ainsi, la notion de performance se conçoit aujourd'hui en termes productif ou économique mais aussi environnemental.

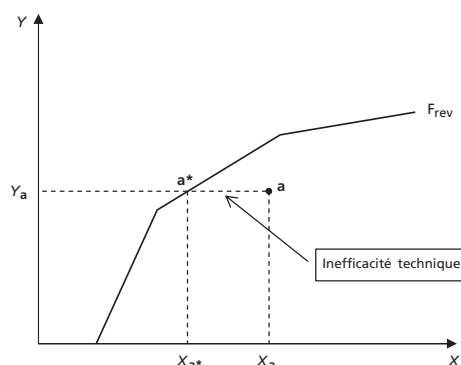
est une notion relative. Il ne s'agit donc pas d'une norme absolue. Pour mesurer l'inefficacité technique, deux points de vue ont souvent été retenus : i) celui qui s'intéresse à l'inefficacité en termes d'excès d'*inputs* utilisés et ii) celui qui s'intéresse à l'inefficacité en termes d'insuffisance d'*outputs* obtenus.

Dans le premier cas qualifié d'approche « orientée *input* », il est recherché la contraction maximale des *inputs* pour un niveau donné d'*outputs*. Pour l'illustrer, considérons une observation ou entreprise **a** qui produit un output Y à partir d'un facteur de production X . D'après la figure 1, dans l'orientation *input*, si l'observation **a** s'alignait les meilleures pratiques du groupe déterminées par la frontière à rendements d'échelle variables F_{rev} , elle pourrait réduire sa dépense de X_a à X_{a^*} tout en maintenant son niveau de production Y_a . Le segment $[a^*a]$ mesure l'inefficacité de l'entité **a** et évalue le potentiel d'économies réalisables $(1 - f_a)$ exprimé en % sur l'ensemble de ses dotations factorielles avec :

$$(1) \frac{X_{a^*}}{X_a} = f_a$$

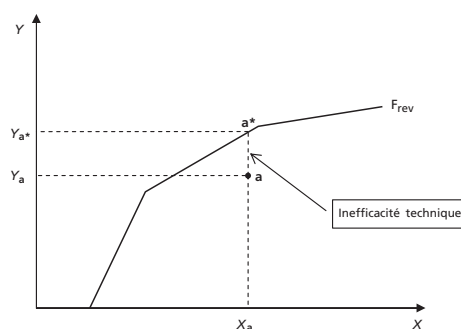
Une approche alternative maximisant la production pour une dépense factorielle donnée est tout aussi envisageable pour définir et mesurer ce concept d'inefficacité technique. Il s'agit cette fois d'une approche dans l'orientation *output*². D'après la figure 2, si l'observation **a** adoptait les meilleures pratiques du groupe déterminées par la frontière à rendements d'échelle variables F_{rev} , elle pourrait augmenter sa production de Y_a à Y_{a^*} tout en maintenant

Figure 1. Frontière de production et mesure de l'inefficacité technique dans l'orientation input



Source : les auteurs.

Figure 2. Frontière de production et mesure de l'inefficacité technique dans l'orientation output



Source : les auteurs.

son niveau de dotations factorielles X_a . Son niveau d'inefficacité relative $\alpha_a = (f_a - 1)$ mesure le pourcentage de gains réalisables sur l'ensemble de sa production avec :

$$(2) \frac{Y_{a^*}}{Y_a} = f_a$$

Au-delà de la mesure de l'inefficacité technique, on peut évaluer l'inefficacité totale due à l'écart de productivité globale dans les deux orientations (*input* et *output*). Dans le cas d'une orientation *output*, il s'agit de la distance entre l'entité observée et le projeté (à niveau de dotation factorielle identique) sur la tangente à la

2. Signalons qu'à côté de ces deux approches traditionnelles, d'autres alternatives ont été développées comme celles par exemple de rechercher simultanément le pourcentage d'économie réalisable sur les ressources factorielles et d'augmentation des produits. Le lecteur pourra ainsi se référer à Fried *et al.* (op. cit.) pour une description détaillée.

frontière de production au point de productivité maximale de la technologie. On distingue donc la frontière de production à rendement d'échelle variable (F_{rev}) des situations techniquement efficaces et la frontière à rendement d'échelle constant (F_{rec}) regroupant les situations techniquement efficaces ayant les meilleurs ratios de productivité globale (figure 3). Signalons que selon l'hypothèse retenue sur les rendements d'échelle, nous nous positionnons sur un horizon temporel différent. Ainsi, les rendements d'échelle variables s'appuient sur une vision de court terme dans laquelle la taille et la structure ne sont pas modifiables alors que les rendements d'échelle constants s'appuient sur une vision de long terme dans laquelle il devient possible de modifier la taille des unités pour atteindre le meilleur niveau de productivité.

Au regard de la figure 3, pour une dotation factorielle de X_a , l'entité **a** devient techniquement efficace si sa production passe de Y_a à Y_{a^*} , mais n'a pas la productivité maximale (contrairement à **b**), qu'elle acquiert en augmentant sa production jusqu'à $Y_{a^{**}}$. En considérant $\frac{Y_{a^{**}}}{Y_a} = g_a$ et $\frac{Y_{a^*}}{Y_a} = f_a$, nous pouvons décomposer l'inefficacité totale $\beta_a = (g_a - 1)$ représentant le pourcentage de gains à réaliser sur l'ensemble de ses *outputs* afin d'atteindre le meilleur niveau de productivité, en inefficacité technique $\alpha_a = (f_a - 1)$ et en inefficacité d'échelle γ_a . La décomposition s'exprime comme suit :

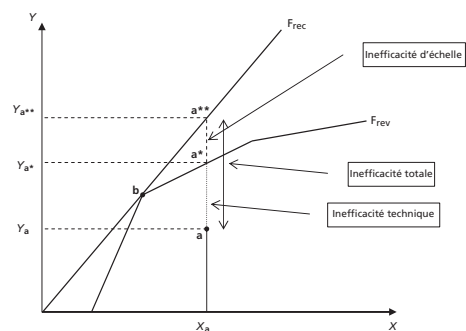
$$\text{où } \gamma_a = \frac{Y_{a^{**}} - Y_{a^*}}{Y_a}.$$

$$(3) \text{ Inefficacité totale } (\beta_a) = \text{Inefficacité technique } (\alpha_a) + \text{Inefficacité d'échelle } (\gamma_a)$$

2. La mesure des inefficacités productives par les fonctions distances

La frontière de production qui décrit le processus de production des entités techniquement efficaces et la mesure des écarts des entités par rapport à cette frontière (ou *benchmark*) peuvent être estimées par plusieurs types de fonctions distances. En règle générale, ces fonctions se distinguent selon qu'elles sont i) paramétriques ou non paramétriques et ii) stochastiques ou déterministes. Contrairement aux fonctions paramétriques, les approches non paramétriques ne stipulent aucune relation fonctionnelle précise a priori entre les *inputs* et les *outputs* des entités évaluées. Par rapport aux frontières déterministes, les fonctions stochastiques intègrent quant à elles un terme aléatoire supplémentaire dans l'écart du point au *benchmark*³ et en conséquence n'attribuent pas toute la distance à de l'inefficacité.

Figure 3. L'inefficacité totale et ses deux composantes (technique et échelle) dans l'orientation output



Source : les auteurs.

3. Se référer à Coelli et al. (2005) pour une typologie des frontières de production.

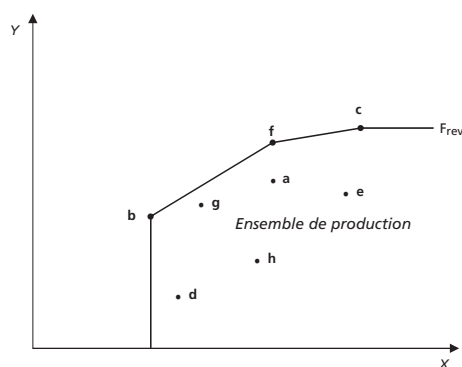
Depuis une trentaine d'années, on assiste à un fort développement de travaux aussi bien d'ordre théorique qu'empirique sur ces mesures de l'inefficacité productive. Ils confirment leur portée opérationnelle dans les méthodes d'évaluation de la performance productive et de l'analyse de la productivité pour une très grande diversité de secteurs d'activités et de types d'organisations (Cooper *et al.*, 2005, 2006 ; Fried *et al.*, 2008).

Parmi les outils de mesure des inefficacités par les fonctions distances et ne retenant que quelques hypothèses sur l'ensemble des possibilités de production (ci-après), nous retrouvons l'approche DEA. Cette méthode non paramétrique a été initialement proposée par Charnes *et al.* (1978) où l'hypothèse d'une technologie à Rendements d'échelle constants (REC) était considérée. Quelques années après, elle a été étendue par Banker *et al.* (1984) qui relâchèrent l'hypothèse de REC et autorisèrent la possibilité de Rendements d'échelle variables (REV). En fait, il s'agit de construire l'enveloppe supérieure d'une série d'observations par les segments de droite joignant les entités efficaces. Ces segments sont déterminés par les combinaisons linéaires de ces entités qui produisent un niveau d'*output* maximal étant donné leurs quantités respectives d'*inputs*.

La figure 4 illustre cette méthode. Supposons huit observations notées de a à h qui produisent chacune un *output* Y à partir d'un seul *input* X . La méthode DEA tente d'identifier quelles sont celles avec les meilleures pratiques. Il s'agit des observations pour lesquelles il n'est pas possible de trouver dans l'échantillon d'autres unités ou combinaison d'unités i) qui produisent plus qu'elles avec autant de facteurs de production ou ii) qui utilisent moins de facteurs pour produire autant qu'elles actuellement. Dans notre cas, cela concerne b, c et f. Les segments liant ces observations forment la frontière d'efficacité et

permettent d'obtenir l'ensemble de production. Pour construire les portions horizontale et verticale de la frontière, nous supposons la libre disposition des *inputs* et des *outputs* (Färe *et al.*, 1985). Pour expliquer ces notions, supposons une entité produisant un niveau d'*outputs* \bar{Y} à partir d'un niveau d'*inputs* \bar{X} . Cela signifie qu'il est toujours possible pour cette entité de produire moins ($Y < \bar{Y}$) tout en conservant le même niveau d'*inputs* \bar{X} et qu'il est également possible d'utiliser plus d'*inputs* que nécessaire ($X > \bar{X}$) pour le niveau de production \bar{Y} . Par la suite, la méthode DEA va mesurer la distance séparant chaque observation de cette frontière. Comme précisé plus haut, le choix de la direction dépendra des objectifs du décideur (ex. : maximisation des *outputs*, minimisation des *inputs* ou encore maximisation et minimisation simultanée respectivement des *outputs* et des *inputs*...).

Figure 4. La méthode DEA



Source : les auteurs.

Plus précisément, considérons un groupe de N entreprises produisant chacune S produits avec M facteurs auxquels nous pouvons associer les ensembles d'indices respectifs :

$$\mathfrak{N} = \{1, \dots, N\}, \mathfrak{S} = \{1, \dots, S\} \text{ et } \mathfrak{M} = \{1, \dots, M\}$$

avec $y = (y_1, \dots, y_s) \in R_+^s$ et $x = (x_1, \dots, x_m) \in R_+^m$ les quantités respectives d'*outputs* et d'*inputs*. L'ensemble de production (P) se définit par :

$$(4) \quad P = \{(x, y) \in R_+^{M+S} : x \text{ peut produire } y\}$$

P est un ensemble fermé et convexe qui satisfait les hypothèses de libre disposition des *inputs* et *outputs* (Färe et al., 1985). Avec ces hypothèses, P peut désormais s'écrire :

$$(5) \quad P = \left\{ (x, y) : \sum_{n \in \mathfrak{N}} \mu_n y_n^s \geq y^s \quad \forall s \in \mathfrak{S}, \sum_{n \in \mathfrak{N}} \mu_n x_n^m \leq x^m \quad \forall m \in \mathfrak{M}, \mu_n \geq 0 \quad \forall n \in \mathfrak{N}, \sum_{n \in \mathfrak{N}} \mu_n = 1 \right\}$$

Pour mesurer la distance d'une entité donnée à la frontière de production, nous définissons la fonction distance $D(x^m, y^s, d^m, d^s)$ comme suit :

$$(6) \quad D(x^m, y^s, d^m, d^s) = \sup_{\alpha} \left\{ \alpha : (y^s + \alpha d^s, x^m - \alpha d^m) \in P \right\}$$

avec respectivement y^s et x^m l'*output* s et l'*input* m de l'entreprise considérée. Le coefficient α s'applique à l'ensemble des vecteurs des *inputs* et des *outputs* en fonction des orientations ou directions (d^m, d^s) choisies. Il mesure le pourcentage d'économie réalisable sur les ressources et d'augmentation simultanée des produits. On adopte ici une formulation plus générale faisant des traditionnelles orientations *input* et *output* (présentées ci-dessus) des cas particuliers. Par exemple, dans le cas d'une mesure radiale⁴ de l'efficacité visant à maximiser les *outputs* tout en maintenant constants les *inputs*, les paramètres d^s sont égaux aux quantités des *outputs* de l'entité évaluée alors que les paramètres d^m sont nuls, c'est-à-dire $(d^m, d^s) = (0, y^s)$. Inversement, dans le cas d'une mesure radiale de l'efficacité visant à minimiser les *inputs* tout en maintenant constants les *outputs*, les paramètres d^m sont égaux aux quantités des *inputs* de l'entité évaluée alors que cette fois-ci les paramètres d^s sont nuls, c'est-à-dire $(d^m, d^s) = (x^m, 0)$. Bien sûr,

toute autre direction peut être choisie par l'évaluateur en fonction de son objectif.

D'un point de vue opérationnel, pour chaque entité \mathbf{a} , la fonction distance (6) est estimée grâce au programme linéaire suivant :

$$\text{Max}_{\alpha, \mu} \quad \alpha_{\mathbf{a}}$$

sous contraintes :

$$\sum_{n \in \mathfrak{N}} \mu_n y_n^s \geq y_{\mathbf{a}}^s + \alpha_{\mathbf{a}} d_{\mathbf{a}}^s, \quad \forall s \in \mathfrak{S}$$

$$(7) \quad \sum_{n \in \mathfrak{N}} \mu_n x_n^m \leq x_{\mathbf{a}}^m - \alpha_{\mathbf{a}} d_{\mathbf{a}}^m, \quad \forall m \in \mathfrak{M}$$

$$\sum_{n \in \mathfrak{N}} \mu_n = 1$$

$$\mu_n \geq 0, \quad \forall n \in \mathfrak{N}$$

avec respectivement $y_{\mathbf{a}}^s$ et $x_{\mathbf{a}}^m$ l'*output* s et l'*input* m de l'entreprise \mathbf{a} . Le vecteur μ regroupe les coefficients d'intensité des combinaisons linéaires convexes calculées à partir des meilleures entreprises observées formant le *benchmark* ou la frontière de production.

4. Le caractère radial de l'efficacité signifie une variation proportionnelle de l'ensemble des *inputs* et/ou des *outputs*.

L'interprétation de ce programme linéaire (7) est simple. Si l'entité évaluée \mathbf{a} est efficace, alors $\alpha_a = 0$, $\forall \ll n \neq a, \mu_n = 0$, $\mu_a = 1$. Il est alors impossible de trouver dans l'ensemble de référence, une autre entreprise ou une combinaison d'entreprises produisant autant (ou plus) de chacun des biens et utilisant une quantité moins importante d'un des facteurs de production.

En imposant des rendements d'échelle constants à la frontière de production (F_{rec}), il est possible de mesurer la productivité globale combinant l'efficacité technique et celle d'échelle de l'entité. Pour ce faire, il faut simplement retirer au programme (7) la contrainte $\sum_{n \in \mathfrak{N}} \mu_n = 1$.

Le programme linéaire (7) devient alors :

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\beta_a, \mu} \beta_a \\ & \text{sous contraintes :} \\ (8) \quad & \sum_{n \in \mathfrak{N}} \mu_n y_n^s \geq y_a^s + \beta_a d_a^s, \forall s \in \mathfrak{S} \\ & \sum_{n \in \mathfrak{N}} \mu_n x_n^m \leq x_a^m - \beta_a d_a^m, \forall m \in \mathfrak{M} \\ & \mu_n \geq 0, \forall n \in \mathfrak{N} \end{aligned}$$

Ainsi, les résolutions des deux programmes (7) et (8) permettent de mesurer trois distances ou scores d'inefficacité. Dans le cas de la direction radiale *output* :

- $\beta_a = (g_a - 1)$: le score d'inefficacité totale du programme (8) pouvant être calculé à partir de g_a , le ratio entre la productivité maximale atteignable par l'observation \mathbf{a} lorsqu'elle est projetée sur la frontière à rendements d'échelle constants F_{rec} c'est-à-dire au point \mathbf{a}^{**} et sa productivité observée (figure 3).
- $\alpha_a = (f_a - 1)$: le score d'inefficacité technique pouvant être calculé à partir de f_a , le ratio entre la productivité maximale atteignable par l'observation \mathbf{a} lorsqu'elle est projetée sur la frontière

à rendements d'échelle variables F_{rev} c'est-à-dire au point \mathbf{a}^* et sa productivité observée (figure 2).

- γ_a : le score d'inefficacité d'échelle égale à $(\beta_a - \alpha_a)$.

Pour atteindre la taille optimale (point \mathbf{b} de la figure 3), les dotations factorielles et les productions optimales sont calculées à partir des valeurs obtenues par les membres de gauche des contraintes sur les *outputs* et sur les *inputs* du programme (8) et divisées par $\sum_{n \in \mathfrak{N}} \mu_n$. La valeur de $\sum \mu$ permet d'identifier la nature de la zone de rendements d'échelle dans laquelle opère l'observation. S'il est égal, inférieur ou supérieur à 1, alors l'observation opère respectivement dans une zone de rendements d'échelle constants, croissants ou décroissants.

Application empirique sur un échantillon d'exploitations agricoles

Bien que peu d'études aient tenté de rapprocher les frontières d'efficacité aux traditionnelles analyses de gestion du secteur agricole, les fonctions distances non paramétriques ont été maintes fois appliquées pour analyser la performance productive d'exploitations de différentes orientations technico-économiques. Citons à titre d'exemples parmi tant d'autres, Piot *et al.* (1995) repérant les possibilités d'adaptation des exploitations de grandes cultures françaises face à la réforme Mac Sharry de 1992 et plus récemment, Stokes *et al.* (2007) mesurant la productivité des exploitations laitières de Pennsylvanie ou encore Fogarasi et Latruffe (2009) comparant les performances des élevages laitiers hongrois et français et enfin Chemak *et al.* (2010) s'intéressant à la gestion des irrigations publique et privée des exploitations tunisiennes en milieu aride. Cette seconde partie expose les résultats d'une application

sur des exploitations agricoles de l'Est de la France. Nous disposons d'un panel non cylindré d'environ 600 exploitations de la Meuse suivies entre 1992 et 2003 par le Centre d'économie rurale de ce département et mises à disposition grâce à un accord passé avec le département de Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement (SAE2) de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA). Ces exploitations sont soit spécialisées en grandes cultures (blé, orge, colza...), ou en produits d'élevage (lait, bovin-viande...) soit en polyculture élevage (mixtes).

Après les définitions des données techniques et économiques retenues pour l'évaluation des performances des entreprises analysées, et de la technologie de référence, nous présentons dans un deuxième temps les différentes inefficacités calculées par une fonction distance annuelle. L'orientation *output* et la direction radiale ont été retenues pour retrouver directement les résultats de l'approche traditionnelle maximaliste DEA. Nous avons calculé pour chacune de ces exploitations les scores d'inefficacité totale, technique et d'échelle ainsi que leur taille optimale par l'application des programmes linéaires précédents. Dans une

dernière étape, nous vérifions l'existence d'un lien significatif entre cette mesure de la performance productive par les fonctions distances et les indicateurs usuels des conseillers de gestion. Si un tel lien existe, il permet de mettre en évidence les aspects opérationnels et complémentaires des fonctions distances par rapport aux pratiques d'évaluation habituelles des entreprises.

1. La technologie et le choix des critères d'évaluation

Suivant les recommandations des conseillers de gestion, la technologie de référence retient quatre *outputs* et quatre *inputs* qui sont respectivement :

- les produits végétaux, lait, bovin-viande et divers ;
- la surface agricole utile, le travail, les amortissements et charges de structure liés à l'utilisation du matériel et des bâtiments et les consommations intermédiaires.

Les produits sont mesurés en valeur. La Surface agricole utile (SAU) est le nombre d'hectares exploités. Le travail est mesuré par les Unités de travailleurs annuels (UTA). Les amortissements et les charges de structure (charges d'entretien et

Tableau 1. Statistiques descriptives des variables de la fonction de production (période 1992-2003)

	Moyenne	Écart-type	Coefficient de variation	Minimum	Maximum	Croissance annuelle moyenne
Produit végétaux (€ 2000)	89 370	71 965	0,81	-8 802	656 541	2,05%
Produit lait (€ 2000)	66 876	66 391	0,99	-557	383 613	1,50%
Produit bovin-viande (€ 2000)	38 695	34 082	0,88	-15 181	410 896	3,51%
Produit divers (€ 2000)	16 440	22 189	1,35	-29 132	466 308	11,08%
Surface agricole utile (ha)	175	90	0,52	34	733	1,28%
Travail (UTA)	2,3	1,1	0,48	0,8	7,9	-0,38%
Amortissements et charges de structure (€ 2000)	33 479	21 490	0,64	0	187 081	2,02%
Consommations intermédiaires (€ 2000)	95 847	54 875	0,57	0	479 005	1,50%

Source : les auteurs.

réparations) liés à l'utilisation du matériel et des bâtiments permettent d'apprécier le coût de ces facteurs. Enfin, les consommations intermédiaires regroupent les charges opérationnelles (engrais, semences, produits phytosanitaires, frais vétérinaires et d'élevage) et les autres charges (carburants, lubrifiants, eau, gaz, électricité...). Les variables exprimées en francs avant le passage à l'euro ont été converties. Comme celles exprimées en euros par la suite, ces variables ont été déflatées par leurs indices de prix respectifs. Le *tableau 1* présente les statistiques descriptives pour ces variables sur la période 1992-2003.

En moyenne, les exploitations retenues réalisent un produit de 211 381 €, toutes productions comprises, sur une surface de 175 hectares avec 2,3 UTA. Malgré des étendues importantes (différence entre le maximum et le minimum), l'échantillon est relativement homogène puisque tous les coefficients de variation sont inférieurs à l'unité, exception faite des produits divers⁵. Les minimums négatifs des *outputs* sont dus à des déstockages. Au cours des douze années, le taux de croissance annuel a été plus rapide pour les volumes des produits que pour les hectares et le temps de travail. Le volume des produits par unité de main-d'œuvre ou par hectare a donc augmenté.

D'autre part, parmi tous les critères d'évaluation de la performance habituellement employés par les conseillers en gestion agricole, nous avons retenu onze ratios techniques, économiques et financiers. Les trois premiers ratios à savoir

les rendements en blé (*RBLÉ*), colza (*RCOLZA*) et lait (*RLAIT*) sont des indicateurs de performances techniques spécifiques aux plus importantes productions des exploitations agricoles de la Meuse. Si l'on rapproche les deux premiers ratios ayant trait au blé et au colza à leur coût variable composé des dépenses en engrais, semences et produits phytosanitaires (*CV-BLÉ* et *CVCOLZA*), on peut alors évaluer leur rentabilité économique. Un rendement élevé qui s'accompagnerait d'un faible coût serait révélateur d'une bonne performance économique pour ces productions. Pour mesurer la rentabilité de l'exploitation dans sa globalité, d'autres ratios sont disponibles. Par exemple, le produit total à l'hectare (*PROD*) donne une mesure synthétique de la productivité économique de la terre. De même, le taux de valeur ajoutée (*TxVA*) mesuré en rapportant la valeur ajoutée au produit total, permet d'estimer le niveau de valorisation de la production totale alors que la valeur ajoutée rapportée aux capitaux propres (*VACP*) approche la rentabilité financière de l'exploitation, préoccupation dominante des apporteurs de capitaux propres. Finalement, l'ensemble de ces grandeurs permet d'apprécier la rentabilité technique et économique des exploitations agricoles.

Plus que la réalisation de bons résultats, il s'agit aussi pour l'exploitation de s'assurer que ceux-ci sont obtenus à partir de moyens de production financés sainement, c'est-à-dire ne reposant pas uniquement sur l'emprunt. Pour cela, on se réfère au taux d'endettement à moyen et long terme (*TxENDLT*) et au taux d'endettement à court terme (*TxENDCT*) qui renseignent sur la dépendance financière de l'exploitation ainsi qu'au ratio *TxCD* (égal au rapport entre les annuités et la valeur ajoutée) indiquant la capacité de celle-ci à faire face à ses engagements à partir de la richesse qu'elle a créée. Plus généralement, ces ratios permettent de juger de la solidité

5. Les produits divers se composent de produits liés à des activités agricoles annexes (produits issus de la possession d'un petit atelier de production animale du type caprin, ovin ou avicole) et à des activités diverses (travaux à façon, tourisme lié à la ferme...). Ils constituent généralement une masse hétérogène d'importance parfois fortement variable entre les exploitations, ce qui justifie la valeur élevée du coefficient de variation.

Tableau 2. Statistiques descriptives des ratios techniques, économiques et financiers (période 1992–2003)

	Moyenne	Écart-type	Coefficient de variation
Indicateurs de rentabilité			
RBLÉ (q/ha)	68	9	0,13
RCOLZA (q/ha)	32	6	0,19
RLAIT (l/vache)	6 207	1 144	0,18
CVBLÉ (€/ha)	329	62	0,19
CVCOLZA (€/ha)	399	74	0,19
PROD (€/ha)	1 229	353	0,29
TxVA	0,54	0,08	0,14
VACP	0,59	3,62	6,15
Indicateurs de solidité financière			
TxENDLT	0,28	0,14	0,49
TxENDCT	0,18	0,14	0,76
TxCD	0,32	0,27	0,83

Source : les auteurs.

financière ou de l'équilibre financier de l'exploitation.

Traditionnellement en comptabilité et gestion agricole, ces deux axes (performance économique et solidité financière) constituent le socle sur lequel se fonde tout jugement concernant la santé des exploitations. Une synthèse des statistiques descriptives pour ces ratios est présentée dans le *tableau 2*.

Sur l'ensemble de la période, les moyennes des rendements s'établissent à 68 quintaux à l'hectare pour le blé, 32 quintaux à l'hectare pour le colza et 6207 litres par vache pour le lait. Les coûts variables s'élèvent à 329 euros à l'hectare pour le blé et à 399 euros à l'hectare pour le colza. Les taux d'endettement à moyen-long terme et à court terme représentent respectivement 28 % et 18 % de l'actif total, ce qui révèle une solidité financière. Le produit à l'hectare, toute production confondue, s'élève à 1 229 euros. Les coefficients de variation sont relativement faibles hormis celui de la valeur ajoutée rapportée aux capitaux propres.

2. Les mesures d'inefficacité

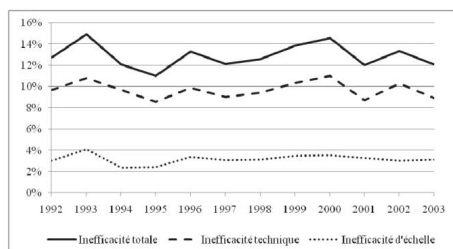
Résultats et interprétations

Sur base de cet échantillon, deux frontières d'efficacité ont été estimées chaque année⁶. La première correspond à la frontière d'efficacité technique à rendements d'échelle constants, la deuxième à celle construite sous l'hypothèse des rendements variables. Nous mesurons à l'aide des programmes linéaires (7) et (8) présentés (*supra*), l'inefficacité totale, l'inefficacité technique et en déduisons l'inefficacité d'échelle⁷. Sur l'ensemble de ces critères, il est donc possible de comparer chaque agriculteur aux autres. La *figure 5* présente l'évolution moyenne des différents scores d'inefficacité.

6. Pour éviter qu'un effet climatique biaise nos mesures d'efficacité, nous avons préféré calculer une technologie de référence différente par année. Ainsi, au lieu de calculer un *benchmark* sur l'ensemble de l'échantillon empilé, deux frontières d'efficacité (F_{rev} et F_{rec}) ont été estimées chaque année.

7. Nous rappelons ici que : Inefficacité totale = Inefficacité technique + Inefficacité d'échelle.

Figure 5. Évolution des scores d'inefficacité



Source : les auteurs.

Sur la période 1992-2003, l'inefficacité totale s'établit autour de 12,9 % en moyenne. En d'autres termes, les exploitations ne sont efficaces qu'à 87,1 % et leurs gains potentiels de productivité globale seraient de l'ordre de 12,9 % si elles avaient la possibilité de s'aligner sur les meilleures pratiques observables. Une meilleure gestion technique des ressources factorielles (à travers une résorption de l'inefficacité technique) expliquerait 9,7 % de cette marge de progression tandis que l'adaptation des structures à leur taille optimale (qui permettrait une résorption de l'inefficacité d'échelle) permettrait de gagner environ 3,2 %.

L'analyse temporelle permet aussi de comparer les agriculteurs par rapport à leurs performances passées. Dans l'absolu, si au cours du temps ils améliorent leur position relative (baisse du score

d'inefficacité), cela signifie qu'ils diminuent leur distance à la frontière considérée et rattrapent les exploitations les plus efficaces définissant la référence ou le *benchmark*. Ici, sur la base de notre échantillon, nous ne remarquons pas de mouvement de rattrapage significatif au cours de la période 1992-2003.

Au-delà de ces scores moyens, notre analyse permet d'établir un diagnostic de performance pour chacune des exploitations et de hiérarchiser les efforts d'amélioration de la productivité entre les composantes technique et d'échelle. À titre illustratif, le *tableau 3* expose les différents scores de trois entités du panel pour l'année 2000 et la nature de la zone de rendements d'échelle dans laquelle elles opèrent.

Par exemple, l'exploitation 1125 est efficace techniquement et à l'échelle, se situant sur son *benchmark* et constituant une pratique parmi les meilleures observables. L'exploitation 1084, quant à elle, obtient un score d'inefficacité totale de 23 % qui se décline en une inefficacité technique de 15,2 % et d'une inefficacité d'échelle de 7,8 %. En d'autres mots, elle a la possibilité d'augmenter sa production de 23 % en résorbant son inefficacité technique et en diminuant la taille de sa structure d'un facteur égal à 2,43. Par conséquent, elle atteindrait le meilleur niveau de productivité. Enfin l'exploitation 1045

Tableau 3. Scores d'inefficacité et nature des rendements d'échelle de trois exploitations (année 2000)

Exploitation	Inefficacité totale	Inefficacité technique	Inefficacité d'échelle	Rendements d'échelle (Σ_{μ})
1045	0,4%	0,0%	0,4%	décroissants (1,18)
1084	23,0 %	15,2 %	7,8 %	décroissants (2,43)
1125	0,0 %	0,0 %	0,0 %	constants (1,00)

Source : les auteurs.

est techniquement efficace et une amélioration de sa productivité ne viendrait que d'un ajustement à son échelle optimale en divisant sa taille de 1,18. Nous dirons des exploitations 1084 et 1045 qu'elles opèrent actuellement dans une zone de rendements d'échelle décroissants.

Les solutions optimales données par les programmes linéaires (7) et (8) permettent aussi de repérer quelles sont les exploitations référentes de l'entité évaluée. À titre d'exemple, nous reprenons les solutions pour l'exploitation 1084. En rendements variables pour l'année 2000, elle est dominée par une combinaison linéaire de cinq exploitations efficaces (2007, 2276, 2670, 2872 et 3210) dont les contributions respectives sont données par les coefficients d'intensité μ

$$(\mu_{2007}=0,47; \mu_{2276}=0,04; \mu_{2670}=0,09; \mu_{2872}=0,21; \mu_{3210}=0,19).$$

3. Confrontation des scores d'inefficacité avec les ratios techniques, économiques et financiers

Pour confronter le diagnostic de performance productive à celui de l'analyse des ratios techniques, économiques et financiers, nous effectuons un test non paramétrique de corrélation de rang de Spearman⁸ de ces derniers, sur les scores d'inefficacité technique et d'échelle. L'objectif est également ici de montrer qu'en dissociant les effets technique et d'échelle implicitement contenus dans ces ratios, l'analyse de productivité par les fonctions distances précise de manière pertinente l'évaluation de la performance usuellement menée par

les conseillers en gestion. Les résultats de ces tests figurent dans le *tableau 4*. D'après ce tableau, nous constatons que les coefficients estimés et significatifs ont un signe conforme à l'intuition. Aucune valeur n'atteint les 60 % (en valeur absolue). En particulier, les corrélations établies entre les scores d'efficacité et les indicateurs ne reprenant qu'une seule activité de l'exploitation (blé, colza et lait) – bien que significatives – restent inférieures à 15 %. Cela peut s'expliquer par le fait que ces indicateurs donnent une vision partielle de la performance puisqu'ils sont basés sur un seul *output* et un seul *input* contrairement à notre indicateur. Plus précisément, les rendements en blé, colza et lait (respectivement *RBLÉ*, *RCOLZA* et *RLAIT*), indicateurs de performances agronomiques ou techniques, sont reliés négativement au score d'inefficacité technique. En effet, plus les rendements sont élevés plus l'inefficacité est faible. Par contre, les ratios de coût à l'hectare sont reliés positivement et significativement aux scores d'efficacité totale, technique et d'échelle. Plus les coûts de blé et de colza à l'hectare (*CVBLÉ* et *CVCOLZA*) augmentent, plus l'entreprise apparaît inefficace. La production totale à l'hectare en valeur (*PROD*), le taux de valeur ajoutée (*TxVA*) et l'indicateur de rentabilité financière (*VACP*) sont également reliés négativement aux scores d'inefficacité. Plus globaux, ces indicateurs reflètent généralement mieux les dimensions multi-*inputs* et multi-*outputs* considérées dans notre mesure de la productivité comme en témoigne la valeur des coefficients (jusqu'à 40 %).

Si l'on s'intéresse à la solidité financière de cette exploitation, on constate que les indicateurs permettant d'apprécier cette dimension sont dans l'ensemble liés positivement à l'inefficacité. Ainsi, un taux d'endettement de court terme (*TxENDCT*) et de remboursement (*TxCD*) élevés vont de pair avec les scores d'inefficacité globale, technique et d'échelle. Toutefois, concernant le

8. Plus que les valeurs exactes des scores prises par les exploitations, ce sont surtout les classements de celles-ci selon ces scores qui importent lors de comparaison avec d'autres variables. Pour cette raison, nous utilisons le test de corrélation de Spearman qui indique l'intensité de la relation (dépendance ou non) entre le rang de deux variables.

taux d'endettement de long terme ($TxEN-DLT$), on constate qu'il n'est lié qu'à l'inefficacité d'échelle. En effet, ce dernier s'appuie sur une vision de long terme dans laquelle le score signale les possibilités de modification de la taille des unités pour atteindre le meilleur niveau de productivité. Nous montrons alors l'intérêt de décomposer le score d'inefficacité totale en ses deux composantes car la seule considération de celui-ci pourrait masquer les corrélations existantes. Par conséquent, plus que de confirmer quantitativement des résultats bien conformes à l'intuition, la confrontation des ratios techniques, économiques et

financiers aux scores d'inefficacité obtenus par des mesures de distance à la frontière, présente cet autre intérêt opérationnel significatif. En effet, elle permet de souligner que les ratios traditionnellement utilisés par les conseillers de gestion pour évaluer les performances des exploitations agricoles mélangent, sans toutefois pouvoir les dissocier, les deux dimensions (technique et échelle) de la productivité globale.

En définitive, ces scores d'inefficacité permettent de dresser un diagnostic complémentaire à ceux donnés par les usuels ratios techniques, économiques et financiers des

Tableau 4. Tests de corrélation de rang de Spearman entre les scores d'inefficacité et les ratios

		Inefficacité totale	Inefficacité technique	Inefficacité d'échelle
Indicateurs de rentabilité	RBLÉ	-0,1302** (0,00 %)	-0,1156** (0,00 %)	-0,0563** (0,00%)
	RCOLZA	-0,1179** (0,00 %)	-0,0062 (59,64 %)	0,0431** (0,00 %)
	RLAIT	-0,0701** (0,00 %)	-0,0253* (3,16 %)	-0,0617** (0,00 %)
	CVBLÉ	0,0984** (0,00 %)	0,0899** (0,00 %)	0,0550** (0,00 %)
	CVCOLZA	0,1437** (0,00 %)	0,1195** (0,00 %)	0,0289* (1,82 %)
	PROD	-0,3168** (0,00 %)	-0,2362** (0,00 %)	-0,2242** (0,00 %)
	TxVA	-0,3989** (0,00 %)	-0,3386** (0,00 %)	-0,1830** (0,00 %)
	VACP	-0,1997** (0,00 %)	-0,1847** (0,00 %)	-0,0816** (0,00 %)
Indicateurs de solidité financière	$TxENDLT$	-0,0069 (81,80 %)	-0,0189 (87,28 %)	0,0238* (1,74 %)
	$TxENDCT$	0,0593** (0,00 %)	0,0232** (0,00 %)	0,0343** (0,01 %)
	TCD	0,1899** (0,00 %)	0,1528** (0,00 %)	0,1179** (0,00 %)

Note : ** et * indiquent une corrélation significative respectivement au seuil de 1 et 5 %. La p-value qui renseigne sur la probabilité de se tromper en rejetant l'hypothèse H_0 d'indépendance est indiquée entre parenthèses.

Source : les auteurs.

analyses de groupe des centres de gestion. Par le calcul des distances à la frontière de production, cette analyse informe pour chaque entreprise évaluée de ce qui relève de l'inefficacité technique (mauvaise utilisation des ressources) et de l'adaptation de la taille (inefficacité d'échelle) afin d'améliorer sa productivité globale.

Conclusion

Cet article s'est proposé de tester la cohérence d'une mesure de productivité globale par rapport aux indicateurs techniques, comptables et financiers retenus généralement par les praticiens de la gestion lors de l'établissement de diagnostic financier. Cette mesure a été obtenue à partir des fonctions distances qui s'appuient ici sur la méthode d'enveloppement de données (*Data Envelopment Analysis* – DEA) proposée initialement par Charnes et al. (1978). L'étude a été menée pour plusieurs années sur un échantillon de 600 exploitations agricoles de la Meuse spécialisées en grandes cultures ou en production animale pour certaines et mixtes pour d'autres. Ainsi, elle s'est également attachée à montrer la portée opérationnelle de cette approche spécifiquement en agriculture même si elle ne se focalise pas sur l'importance et l'impact sur la productivité des réformes successives dans ce secteur.

Sur notre échantillon, grâce à un test de corrélation non paramétrique, nous confirmons la cohérence entre nos indicateurs d'efficacité et les ratios principaux techniques, économiques et financiers. Il est donc possible, à partir d'une estimation de la frontière de production, de retrouver les principales informations issues de ces ratios. Par ailleurs, cette approche en termes de référence productive à atteindre complète l'analyse traditionnelle des ratios de gestion grâce à la pertinence des autres informations qu'elle génère. En effet, elle permet aussi de

mesurer la productivité globale de chaque entreprise en séparant les composantes technique et d'échelle et d'établir un diagnostic s'appuyant sur l'identification des meilleures pratiques d'un échantillon, tout en respectant les spécificités productives de l'entité évaluée. Elle renseigne ainsi sur les économies réalisables ou le potentiel de production existant.

Nous espérons ainsi avoir mis en évidence les possibilités d'application opérationnelle d'une telle méthode en complément des analyses traditionnelles de performance des entreprises. Pour exemple, elle peut permettre des prises de décisions plus rapides que dans des cas où l'on se trouve devant une batterie de ratios techniques et comptables qui ne vont pas dans le même sens. Elle est également utile lorsqu'il est recherché un meilleur ciblage des actions correctives ou préventives à destination des exploitations agricoles les plus en difficulté d'un point de vue managérial et ce, dans le but d'améliorer leur situation économique et financière. Enfin, elle peut constituer un atout non négligeable dans le contexte économique et réglementaire actuel très mouvant (découplage, suppression des quotas laitiers, volatilité des prix des *input/output*, gains de productivité du travail, etc.) car elle permet de repérer les adaptations productives et crée ainsi un nouveau cadre de référence pour le conseil. Par contre, la DEA n'a pas vocation à renseigner sur les causes et les moyens à mettre en œuvre pour améliorer la performance. Des analyses qualitatives et/ou des audits internes resteront nécessaires afin de bien définir les changements à envisager. ■

Cette recherche a été financée par l'Agence nationale de la recherche sur le projet « Efficience environnementale et productions animales pour le développement durable », décision n°ANR-09-STRA-01. Nous avons utilisé une base de données du Centre d'économie rurale de la Meuse financée par un accord avec le département SAE2 de l'INRA.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Athanassopoulos A., Ballantine J. (1995). Ratio and Frontier Analysis for Assessing Corporate Performance: Evidence from the Grocery Industry in the UK. *Journal of the Operational Research Society*, vol. 46, n°4, p. 427-440.
- Banker R.D., Charnes A., Cooper W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, vol. 30, n°9, p. 1078-1092.
- Boussemart J.-Ph., Dervaux B. (1994). Diagnostic de l'efficacité productive par la méthode DEA : application à des élevages porcins. *Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales*, n°31, p. 44-58.
- Charnes A., Cooper A.W., Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, n°2, p. 429-444.
- Chemak F., Boussemart J.-Ph., Jacquet F. (2010). Farming system performance and water use efficiency in the Tunisian semi-arid region: data envelopment analysis approach. *International Transactions in Operational Research*, vol. 17, n°3, p. 381-396.
- Coelli T.J., Prasada Rao D.S., O'Donnell C.J., Battese G.E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, 2nd Edition, Springer, New York, 366 p.
- Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. (2005). *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA-Solver Software and References*. Springer, 354 p.
- Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. (2006). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text With Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Springer-Verlag, 318 p.
- Emel A.B., Oral M., Reisman A., Yolalan R. (2003). A Credit Scoring Approach for the Commercial Banking Sector. *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 37, n°2, p. 103-123.
- Färe R., Grosskopf S., Lovell C.A.K. (1985). *The Measurement of Efficiency Production*, Boston, Kluwer-Nijhoff Publishing, 216 p.
- Farrell M.J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 120, n°3, p. 253-281.
- Featherstone A.M., Langemeier M.R., Ismet M. (1997). A Nonparametric Analysis of Efficiency for a Sample of Kansas Beef Cow Farms. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, vol. 29, n°1, p. 175-184.
- Fernandez-Castro A., Smith P. (1994). Towards a General Non-Parametric Model of Corporate Performance. *Omega*, vol. 22, n°3, p. 237-249.
- Feroz E.H., Kim S., Raab R.L. (2003). Financial Statement Analysis: A Data Envelopment Analysis Approach. *Journal of the Operational Research Society*, vol. 54, n°1, p. 48-58.
- Fogarasi J., Latruffe L. (2009). *Technical efficiency in dairy farming: A comparison of France and Hungary in 2001-2006*. *Studies in Agricultural Economics*, n°110, p. 75-84.
- Fried H.O., Knox Lovell C.A., Schmidt S.S. (2008). *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*. Oxford University Press, 656 p.
- Piot I., Boussemart J.-Ph., Dervaux B., Vermersch D. (1995). Efficacité technique et gains potentiels de productivité des exploitations céréalières françaises. *Économie et Prévision*, n°117/118, p. 117-127.
- Stokes J.R., Tozer P.R., Hyde J. (2007). Identifying Efficient Dairy Producers Using Data Envelopment Analysis. *Journal of Dairy Science*, vol. 90, n°5, p. 2555-2562.